

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-315434

(43) 公開日 平成8年(1996)11月29日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 9/00		9075-5D	G 1 1 B 9/00	
G 0 2 B 21/00			G 0 2 B 21/00	
// G 0 1 N 37/00			G 0 1 N 37/00	C

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-143922

(22) 出願日 平成7年(1995)5月18日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 松田 宏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

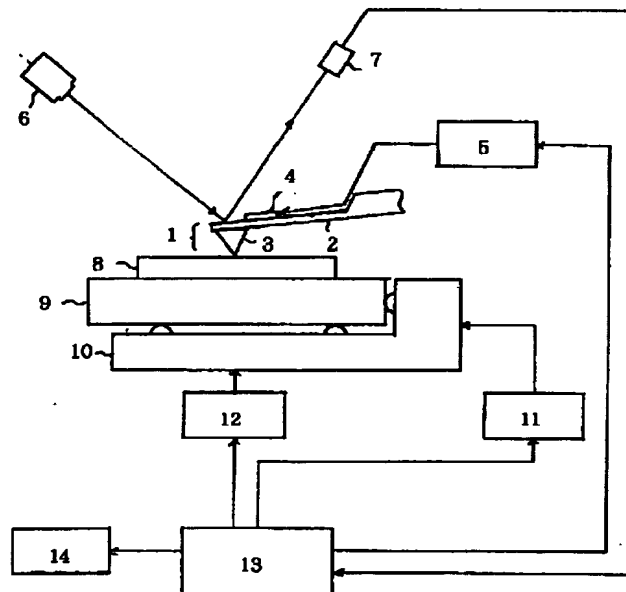
(74) 代理人 弁理士 長尾 達也

(54) 【発明の名称】 情報処理装置

(57) 【要約】

【目的】本発明は、複雑な構成の光学系を用いずに熱アシスト記録が行えると共に、その良好な再生の行える情報処理装置を提供することを目的とするものである。

【構成】本発明は上記目的を達成するために、プローブをこれに対向する記録媒体に対して走査し情報の記録再生等を行う情報処理装置において、局所的加熱により被加熱部が機械的変形を生じる記録媒体と、前記プローブの探針部を加熱することができる電気ヒーターと、記録すべき情報信号にしたがって前記電気ヒーターを駆動して前記プローブの探針部を加熱し、それによって前記記録媒体表面上の任意の位置を局所的に形状変化させて記録ビットを形成する電気ヒーター駆動手段とにより、光学系を用いずに熱アシスト記録を再現性よく行えるようにしたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プローブをこれに対向する記録媒体に対して走査し情報の記録再生等を行う情報処理装置において、局所的加熱により被加熱部が機械的変形を生じる記録媒体と、前記プローブの探針部を加熱することができる電気ヒーターと、記録すべき情報信号にしたがって前記電気ヒーターを駆動して前記プローブの探針部を加熱し前記記録媒体表面上の任意の位置を局所的に形状変化させて記録ビットを形成する電気ヒーター駆動手段とを有する情報処理装置。

【請求項 2】 前記プローブは、弾性体レバーとその先端部に設けられた探針とによって構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】 前記電気ヒーター駆動手段は、前記局所的な形状変化として凹形状の記録ビットを形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】 前記電気ヒーターが、前記プローブ上に形成されていることを特徴とする請求項 1 ～請求項 3 のいずれか 1 項に記載の情報記録再生装置。

【請求項 5】 前記電気ヒーターが、発熱抵抗体であることを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】 前記発熱抵抗体が、ニッケル・クロム合金または窒化タンタル等のタンタル化合物または酸化錫であることを特徴とする請求項 5 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】 前記情報処理装置は、前記プローブにおける探針の前記記録媒体表面への接触圧力を変更することのできるプローブ垂直方向移動機構を備えていることを特徴とする請求項 1 ～請求項 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】 前記情報処理装置は、前記記録媒体上に前記プローブが走査する際に生ずる該プローブのレバー部の弾性変形量を検出する弾性変形量検出手段と、該弾性変形量検出手段から出力される弾性変形量検出信号から情報が記録された前記記録媒体表面の前記局所的形状変化を検知することによって情報の再生を行う手段とを有することを特徴とする請求項 1 ～請求項 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は走査型プローブ顕微鏡を応用した高密度記録再生装置において、プローブを記録媒体に接触させて情報の記録再生を行う情報処理装置に関し、特に、上記プローブの先端部を加熱して記録媒体上に形状変化を伴う記録ビットを形成することにより情報の記録を行う情報処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、米国特許第 434399 号明細書に記載されているようなナノメートル以下の分解能で導

電性物質表面を観察可能な走査型トンネル顕微鏡（以下 S T M と略す）が開発され、金属・半導体表面の原子配列や有機分子の配向等の観察がなされている。また、この S T M 技術を発展させ、電氣的絶縁物質を含むあらゆる固体材料の表面を S T M と同様の分解能で観察可能な原子間力顕微鏡（以下 A F M と略す）も開発された（米国特許第 4724318 号明細書）。こうした S T M や A F M の原理を用いると、分子あるいは原子サイズを含む極めて微小な領域にアクセスでき、また係る領域における何らかの物理量、例えば導電性、機械的形状、分子間力など、を測定することができるので、これらを高密度記録再生装置として利用する提案がこれまでに数多くなされている（例えば、米国特許第 4575822 号明細書、特開昭 63-161552 号公報、特開昭 63-161553 号公報、特開平 1-245445 号公報、特開平 4-321955 号公報など）。A F M の原理を用いて記録再生装置を構成する場合、記録媒体表面を局所的に機械的あるいは摩擦的（表面エネルギー的）に変形・変質せしめたものを記録ビットとして利用することになる。ここで、こうした記録ビットが予め記録媒体に設けられていて、A F M を再生装置としてのみ利用する（すなわち Read Only Memory）のであれば問題はないが、記録をも行う場合には、記録媒体に対して何らかのエネルギーを印加し記録ビットを形成することのできる手段が必要となる。A F M 自身が記録媒体に印加可能な物理量としては、プローブ先端の探針から記録媒体表面に加えられる荷重がある。記録媒体面上の所望の位置で係る荷重を変更する、つまりより具体的には、プローブと媒体表面との距離を近づけて探針を記録媒体表面に押し込むことによって、上記記録ビットを形成する方法が考えられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した従来の方式では、レバーをバイモルフ構造にするなどして探針の押し込み量を走査中に自在に変更できる機構を導入する必要があり、また係る探針の押し込みによって記録媒体上に不可逆な局所的変形・変質を安定に形成するためには、記録媒体の材質、探針の形状、押し込み量（荷重）など様々な因子の最適化が必要であり、更には押し込み時において、探針が変形・破壊する可能性がある、などの問題点がある。このような問題を排除し、比較的簡単に再現性よく多数の記録ビットを A F M プローブを用いて形成する手法として、熱アシスト記録方式が H. J. Mamin 及び D. Rugler によって提案されている（Applied Physics Letters 誌、第 61 巻 1003-1005 頁、1992 年）。ここでは、記録媒体として透明材料を用いており、情報の記録は、前記媒体表面に機械的変形がもたらされない程度の荷重で A F M プローブを走査しながら、係る記録媒体の裏面（A F M プローブが配置されて

いない側)からレーザ光をAFMプローブ先端の探針に集光するように照射することによって行われる。即ちレーザ光によって係る探針が一時的に加熱され、その結果、該探針と接触している記録媒体表面の一部分が熱的に変形され凹ビットが形成される。記録の再生は勿論レーザ光を照射することなく、通常のAFM観察と同様、AFMプローブ(レバー)の弾性変形量を光楕子方式で検出することにより行われる。この方式では、記録媒体としてPMMAを用いた場合、直径150nm程度の凹構造ビットを再現性よく作成可能であることが示されているが、これにおいても、レバーの弾性変形量を測定するレーザ光学系と探針の加熱に用いられるレーザ光学系との2つの光学系が必要であり、システムが複雑になってしまうという弱点を有している。

【0004】そこで、本発明は上記問題を解決し、複雑な構成の光学系を用いずに熱アシスト記録が行えると共に、その良好な再生の行える情報処理装置を提供することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、プローブをこれに対向する記録媒体に対して走査し情報の記録再生等を行う情報処理装置において、局所的加熱により被加熱部が機械的変形を生じる記録媒体と、前記プローブの探針部を加熱することができる電気ヒーターと、記録すべき情報信号にしたがって前記電気ヒーターを駆動して前記プローブの探針部を加熱し、それによって前記記録媒体表面上の任意の位置を局所的に形状変化させて記録ビットを形成する電気ヒーター駆動手段とにより、光学系を用いずに熱アシスト記録を再現性よく行えるようにしたものである。本発明のプローブは、弾性体レバーとその先端部に設けられた探針とによって構成され、前記した電気ヒーター駆動手段は、その局所的な形状変化として凹形状の記録ビットを形成するように構成することができる。また、本発明の前記した電気ヒーターは、プローブ上に発熱抵抗体により形成することができ、その材料としては、ニッケル・クロム合金または窒化タンタル等のタンタル化合物または酸化錫であることが好ましい。本発明においては、この情報処理装置に、プローブの垂直方向移動機構を備えさせ、前記プローブにおける探針の前記記録媒体表面への接触圧力を変更するように構成することができる。さらに、その記録の再生は、前記記録媒体上を前記プローブが走査する際に生ずる該プローブのレバー部の弾性変形量を検出する弾性変形量検出手段と、該弾性変形量検出手段から出力される弾性変形量検出信号から情報が記録された前記記録媒体表面の前記局所的形状変化を検知することによって情報の再生を行う手段とで行うようにすることができる。

【0006】

【作用】本発明は、上記のように光学系によることな

く、探針の電気的加熱により記録ビットの形成を行うようにしたものであるから、従来のように装置構成が複雑となることなく、また、複数の記録再生用プローブを用いる場合にも、これらを簡単にシステムに導入することが可能となる。さらに、ビットの形成手段に光学系を必要としないから、記録媒体が透明なものに限定されることはなく、不透明なものも用いることができる。本発明は以上のような特徴を有するものであるが、その効果をより発揮させる上で、その電気ヒーター及び記録媒体の形成につき、つぎのようなことに留意することが望まれる。記録を瞬時(高速)に行うためには、電気ヒーターの特性として通電時においては探針を急速に加熱することができ、遮断時には急速に自然放冷される必要がある。そこで本発明の電気ヒーターはできるだけ探針に近づけて配置し、さらに探針付近のみを局所的に加熱できるように大きさにする必要がある。その最も極端な例は探針そのものを電気ヒーター材料で形成することである。この場合にはAFM探針として好ましい先端形状になるように、該電気ヒーター材料を整形・加工する必要があるが生じる。係る整形・加工は必ずしも容易ではない。そこで電気ヒーターを薄膜化し、従来の探針表面に係る薄膜でコーティングするか、もしくは探針のできるだけ近傍に配置することが考えられる。(レバー面の探針が配置されていない側、例えば丁度探針配置部の裏面、に配置してもよい)。この場合には、電気ヒーターをできるだけ小型・薄膜化して、レバー部の弾性特性を損なわないようにしなければならない。係る観点から現状最も好ましい電気ヒーターとして、従来感熱記録に利用されている発熱抵抗体薄膜を挙げることができる。係る発熱抵抗体を構成する材料としては、ニッケル・クロム合金や酸化錫などがあるが、現状では窒化タンタル(Ta₂N)が熱応答性に最も優れる材料とされる(高野陸男、松永光司、上西勝三、柴田 進、電子通信学会論文誌、第58-C巻(1975年)、259-265頁)。本発明に使用されるべき発熱抵抗体材料としては、上記材料のみに限定されるものではないが、高速応答性や繰り返し再現性の観点から現状では窒化タンタルによるのが好ましい。尚、発熱抵抗体を保護する等の目的で、係る発熱抵抗体の表面を適当な保護層、例えばSiO₂やTa₂O₅、で被覆してもよい。このほか、発熱抵抗体に通電するための配線をレバー上に作成する必要がある。以上述べた、発熱抵抗体、保護層、配線は従来公知のフォトリソグラフィ技術を用いてプローブ上に構築される。本発明に用いられる記録媒体としては、局所的加熱によって被加熱部が機械的に変形するような材料であればどのようなものでもよい。機械的変形としては、例えば膨張・収縮等の塑性変形、昇華、発泡などがあるが、勿論これらに限定されるものではなく、記録情報の再生時にその機械的変形が感度よく検出されるものであれば何でもよい。勿論変形に要する加熱エネルギー

の照射量が小さく、かつその照射時間が短くて済むほど都合がよいことはいふまでもない。また変形領域はあくまでも被加熱部及びその近傍に限定されるべきであつて、広大な領域が爆発的に変形してしまうようなものは、記録密度の低下を招くので好ましくない。また、記録部と非記録部との形態的差異が明確である必要があるので、もともとの記録媒体表面はできるだけ平滑であることが望ましい。更には探針の走査に耐えることのできる程度の強度は不可欠であり、係る探針走査によって表面がおおきく変形したり剥離してしまうようなものは利用不可能である。以上述べた様々な要請を満たす材料として、有機高分子材料を挙げることができる。より具体的には、ポリメチルメタクリレートやポリイソブチルメタクリレート等のメタクリル酸ポリマーや、各種ナイロン、ポリアクリル、ポリカーボネート、各種ポリペプチド等を利用することが可能である。以上述べた記録材料はそれ自体で記録媒体として用いてもよいが、通常は適当な基板上に記録層として堆積される。後者の場合、基板の表面平滑性は記録層の表面平滑性に大きな影響を及ぼすので、できるだけ平滑であることが望ましく、例えば、Siウエハ等の利用が好ましい。尚、本発明においては、記録媒体は透明である必要はなく、不透明なものも全く問題なく利用可能である。例えば記録媒体を構成する基板が金属電極を含むものとしてもよく、その場合、探針のz方向変位量をレバーと係る金属電極との間の静電容量の変化として検出することも可能となり、この場合、システムから光学系を完全に排除することが可能となる。

【0007】

【実施例】以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

【実施例1】図1は本発明の実施例1による記録再生装置の構成を示す図である。図1において、1は記録再生用プローブであり、弾性体であるレバー2とその一方の端部に設けられた探針3とからなる。レバー2の探針3が配置されている部分の裏面には該探針3を加熱するためのヒーター4が設けられている。係るヒーター4は、ヒーター加熱用電源5と電気的に接続されている（詳しくは後述する）。図1では、探針3のz方向位置を検出するのに光楕子方式を用いている。即ち6は、レバー2の先端部に1-10 μ m径程度の光を照射するための光源であり、通常半導体レーザ光源が用いられる。7は、上記光源5から照射された光がレバー2上で反射された後（反射光）の位置を検出する光位置検出器であり、通常2分割もしくは4分割位置検出フォトダイオードが用いられる。勿論、探針3のz方向位置を検出する方法は、光楕子方式に限定されるものではなく、再現性よく探針3のz方向位置を検出できる方法であれば何でもよく、例えば、STMを用いる方式や光干渉方式などによっても構わない。8は、記録媒体であり、詳しくは後述

する。9は、記録媒体8を載せるためのステージであり、XYZ駆動機構10によって、xyz方向に自在に移動させることが可能である。係るXYZ駆動機構10は、xy方向位置制御回路11とz方向位置制御回路12とに電気的に接続され、マイクロコンピュータ13の出す命令に従って位置制御される。マイクロコンピュータ13は位置検出器7からの信号を取り込んでいるので、記録媒体8上の任意の位置(x, y)における探針3のz方向位置を知ることができる。この関係、即ち記録媒体8の表面状態（凹凸情報）はディスプレイ14上で見ることができる。またマイクロコンピュータ13はヒーター加熱電源5を制御するのにも用いられ、任意の位置(x, y)での加熱が可能である。図2は、本発明の記録再生用プローブ1の詳細を示す図である。レバー2はSi₃N₄製であつて厚さは0.6 μ mである。その先端には異方性エッチングによって形成されたSi製のピラミッド状の探針が設置されている。係る探針3の設置されているレバー2の一方の面とは反対の面上に、本発明のヒーター4は設置されている。係るヒーター4はTa₂N₅でできた発熱抵抗体41、Au製の配線42、及びSiO₂でできた抵抗体保護層43とから構成されている。各層はRFスパッタ法によって堆積せしめ、その膜厚は各々0.1 μ mである。配線42はヒーター加熱用電源5に接続されている。抵抗体保護層43は、特に大気中において発熱抵抗体41を繰り返し発熱させることによって、その発熱特性が変成することを防ぐことを目的に導入されたものであるから、その必要がないときにはこれを省略しても構わない。尚、図1中、抵抗体保護層43はレバー2上の一部にのみ堆積されているが、全面であつてもよい。またこれとは逆に、レバー先端部の一部の領域（発熱抵抗体41が堆積されていない部分）が抵抗体保護層43によって被覆されていなくてもよい。図3に本発明に用いられる記録媒体の一例を示す。記録媒体8は、表面が清浄なSi(111)基板82上に記録層81として、ポリイソブチルメタクリレート（以下PIBM）を500オングストローム堆積したものを用いた。PIBMの堆積はラングミュア・ブロッジエット法により、単分子膜を50層累積した。係る記録媒体8をAFMを用いてその表面状態を調べた所、10 μ m長の走査に対してz方向の探針変動量は40オングストローム以下であり（探針走査面に対する記録媒体表面の傾きは別途補正した）、極めて平滑性に優れていることが確かめられた。上述したAFMの技術を応用した記録再生装置及びPIBM記録媒体を用いて、記録／再生の実験を行った。探針3を記録媒体8に近づけた後荷重（1 \times 10⁻⁷N）、10 μ m角の範囲をx方向については10Hz、これに直交するy方向については0.001Hzの掃引周波数にて走査した。係る走査を行いながら、所望の探針位置（x-y方向）にてヒーター4に書き込みパルス電圧（矩形波）を印加した。係る書き込

みパルスの波高値は5 V、書き込みパルス幅は、 $500 \mu\text{sec}$ とした。係る書き込みを行った後、記録層81表面を再度AFM観察したところ、書き込みパルス印加を行った位置において、PIBM記録層81にx方向に長軸を有する長円形の凹み83（長さ $0.1 \mu\text{m}$ 、幅 $0.02 \mu\text{m}$ 、深さ500オングストローム）が生じていることが観察され、記録／再生が可能であることが確かめられた。

【0008】〔実施例2〕図4は本発明の実施例2におけるプローブの構成を示す図である。実施例2のプローブは、発熱抵抗体41、配線42、抵抗保護層43とで構成された該探針3を加熱するためのヒーター4が、レバー2の探針3が配置されている側に設けられている点を除き、その基本的な構成は実施例1と同様に構成されている。実施例2のプローブに交換した他は、実施例1と全く同様の記録再生装置並びに記録媒体を用いて、その記録再生の実験をつぎのように行った。探針3を記録媒体8に近づけた後荷重（ $1 \times 10^{-7}\text{N}$ ）、 $10 \mu\text{m}$ 角の範囲をx方向については10 Hz、これに直交するy方向については0.001 Hzの掃引周波数にて走査した。係る走査を行いながら、所望の探針位置（x-y方向）にてヒーター4に書き込みパルス電圧を印加した。係る書き込みパルスの波高値は3.5 V、書き込みパルス幅は、 $500 \mu\text{sec}$ とした。係る書き込みを行った後、記録層81表面を再度AFM観察したところ、実施例1と同様に、書き込みパルス印加を行った位置において、PIBM記録層81にx方向に長軸を有する長円形の凹み83（長さ $0.1 \mu\text{m}$ 、幅 $0.02 \mu\text{m}$ 、深さ500オングストローム）が生じていることが観察され、記録／再生が可能であることが確かめられた。

【0009】〔実施例3〕実施例3においては、実施例1に示したものと全く同様の記録再生装置並びに記録媒体を用いて、連続記録再生の実験を行った。探針3を記録媒体8に近づけた後荷重（ $1 \times 10^{-7}\text{N}$ ）、 $10 \mu\text{m}$ 角の範囲をx方向については $200 \text{nm}/\text{msec}$ の速度で走査させながら、図5に示す連続パルスを発熱抵抗体41に印加した。係る部位を再度走査させながら、記録再生プローブのz方向移動量を検出したところ、図6のような信号が得られ、連続的な情報の記録／再生が可能であることが確かめられた。

【0010】〔実施例4〕実施例4においては、記録媒体の記録層をPIBMからポリラクティック酸（ポリ乳酸）LB膜（厚さ500オングストローム）に変更した他は、実施例1に示した記録再生装置並びに記録媒体を用いて、記録再生の実験を行った。探針3を記録媒体8に近づけた後荷重（ $1 \times 10^{-7}\text{N}$ ）、 $10 \mu\text{m}$ 角の範囲をx方向については10 Hz、これに直交するy方向については0.001 Hzの掃引周波数にて走査した。係る走査を行いながら、所望の探針位置（x-y方向）にてヒーター4に書き込みパルス電圧を印加した。係る書

き込みパルスの波高値は5.5 V、書き込みパルス幅は、 $500 \mu\text{sec}$ とした。係る書き込みを行った後、記録層81表面を再度AFM観察したところ、実施例1と同様に、書き込みパルス印加を行った位置において、記録層81にx方向に長軸を有する長円形の凹み83（長さ $0.1 \mu\text{m}$ 、幅 $0.03 \mu\text{m}$ 、深さ500オングストローム）が生じていることが観察され、記録／再生が可能であることが確かめられた。以上の実施例において、記録再生用プローブの走査方向をx-y方向（ラスタスキャン）としたが、これに限定されることなく、回転させる等、他の方法でもよい。また記録再生用プローブの数は一個に限定されることなく、複数であってもよい。

【0011】

【発明の効果】本発明は、以上のように光学系によることなく、探針の電氣的加熱により記録ビツトの形成を行うようにしたものであるから、従来のように装置構成が複雑となることなく、また、複数の記録再生用プローブを用いる場合にも、これらを簡単にシステムに導入することができる。さらに、ビツトの形成手段に光学系を必要としないから、例えば、記録媒体の裏面からレーザー光を照射する光学系手段の場合のように、記録媒体が透明なものに限定されることはなく、不透明な記録媒体をも用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1による記録再生装置の構成を示す図である。

【図2】実施例1の記録再生用プローブの構成を示す図である。

【図3】本発明に用いられる記録媒体の一例を示す図である。

【図4】本発明の実施例2におけるプローブの構成を示す図である。

【図5】記録用のパルス電圧の波形を示す図である。

【図6】記録再生プローブのz方向位置変動すなわち再生信号を示す図である。

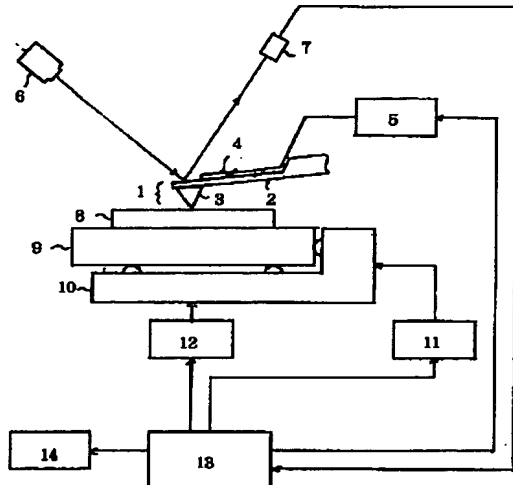
【符号の説明】

- 1 記録再生用プローブ
- 2 レバー
- 3 探針
- 4 ヒーター
- 5 ヒーター加熱用電源
- 6 光源
- 7 光位置検出器
- 8 記録媒体
- 9 ステージ
- 10 XYZ駆動機構
- 11 XY方向位置制御回路
- 12 Z方向位置制御回路
- 13 マイクロコンピュータ

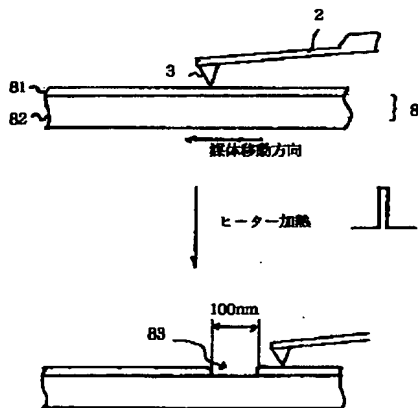
9

- 1 4 ディスプレイ
4 1 発熱抵抗体
4 2 配線
4 3 表面保護層

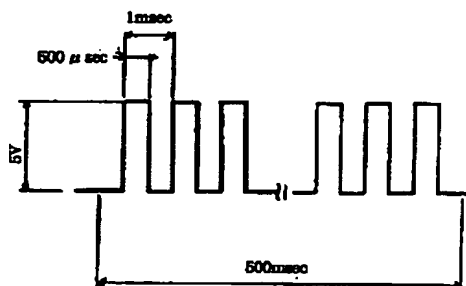
【図1】



【図3】



【図5】

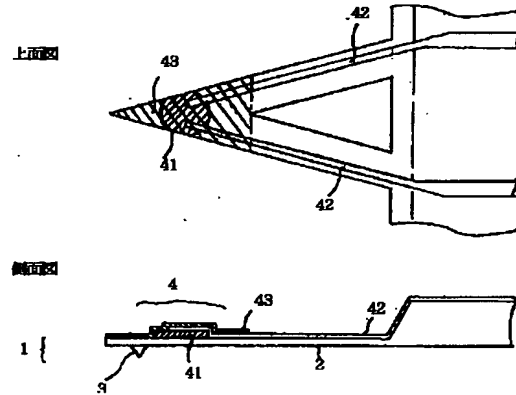


10

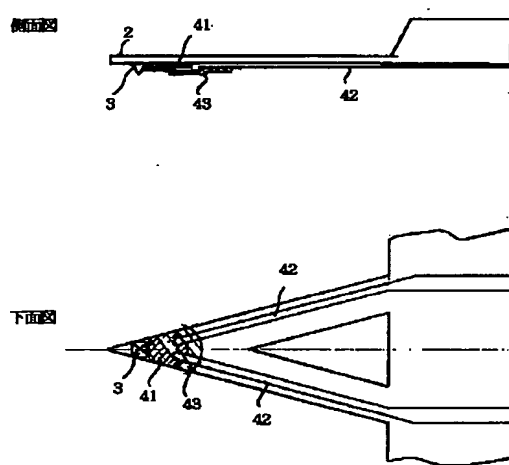
- * 8 1 記録層
8 2 基板
8 3 凹み (記録部分)

*

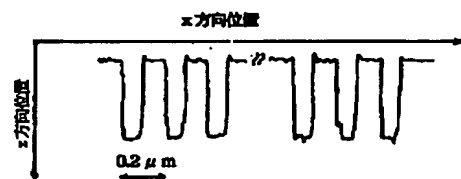
【図2】



【図4】



【図6】





PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08315434 A**(43) Date of publication of application: **29.11.96**

(51) Int. Cl.

G11B 9/00
G02B 21/00
// G01N 37/00

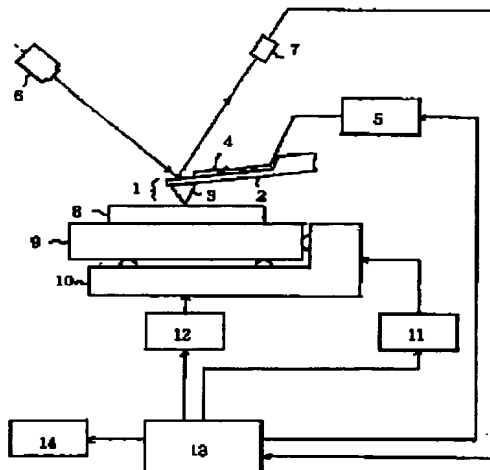
(21) Application number: **07143922**(71) Applicant: **CANON INC**(22) Date of filing: **18.05.95**(72) Inventor: **MATSUDA HIROSHI**(54) **INFORMATION PROCESSOR**

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain an information processing means which executes a heat- assisted recording without using an intricate optical system and which makes its reproduction possible.

CONSTITUTION: A recording medium 8 is scanned with a probe 3 at the tip of a probe 1 for recording and reproducing, and mechanical deformation is induced in the corresponding part to be heated on the surface of the recording medium 8 by the local heating generated by the electric heater 4 of the probe 3 at the top to record information. In this case, an electric heater driving means drives the electric heater 4 according to the information signal to be recorded to heat the probe 3 part and to cause mechanical deformation on the recording medium 8 surface, thereby, execution of the heat-assisted recording with good reproducibility without using the optical system is made possible.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.